

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан ММФ  
Л.В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

**Планирование эксперимента**

по направлению подготовки

**01.03.03 Механика и математическое моделирование**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Основы научно-исследовательской деятельности в области механики и  
математического моделирования**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
Л.В. Гензе

Председатель УМК  
Е.А. Тарасов

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен использовать методы физического моделирования, современное экспериментальное оборудование или специализированное программное обеспечение для проведения вычислительных экспериментов в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.1 Участвует в проведении эксперимента (физического, мысленного или компьютерного) на основе сформулированной с руководителем физической модели явления или модели из другой научной области

ИОПК 3.2 Владеет методами физического или компьютерного моделирования, методами планирования эксперимента, теорией подобия и размерностей

ИОПК 3.3 Анализирует полученные экспериментальные результаты

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить методологию проведения эксперимента на основе поставленной задачи и предложенной модели рассматриваемого явления.

– Освоить методы поиска оптимальных режимов процессов, определение параметров моделей для изучения механизма явления и интерпретации полученных результатов.

– Научиться применять понятийный аппарат в области планирования и организации научного и промышленного эксперимента для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Шестой семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Теория вероятности.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:  
-лекции: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Основные понятия и принципы планирования эксперимента.

Основные понятия и определения в области измерений и измерительной техники.

Общие сведения из теории погрешности измерений, их классификация. Инструментальная погрешность измерения. Общая последовательность выполнения обработки результатов наблюдений.

Тема 2. Вероятность случайных событий, их характеристики.

Эксперимент как предмет исследования. Классификация видов экспериментальных исследований. Случайные события. Классическое определение вероятности. ИОПК 3.1

Тема 3. Элементы теории погрешности. Случайная величина, нормальное распределение.

Случайная величина. Числовые характеристики законов распределения: математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, медиана, мода, размах, ковариация, коэффициент корреляции. Нормальное (Гауссово) распределение. Свойства нормального распределения. Интегральная и дифференциальная функции распределения вероятностей, их свойства. ИОПК 3.1

Тема 4. Элементы математической статистики

Понятие о математической статистике. Статистическое определение вероятности. Выборка и генеральная совокупность. Система обозначений. Цель статистического анализа. Первичная обработка информации и статистический анализ. Цель первичной обработки информации. ИОПК 3.2

Тема 4. Доверительные оценки. Правило трех сигм. Погрешность косвенных измерений.

Понятие доверительного интервала и доверительной вероятности. Вычисление характеристик эмпирических распределений (выборочных характеристик). Моменты. Отсев грубых погрешностей. Общий принцип построения доверительных интервалов. Применение доверительных интервалов для оценки точности информации и необходимого ее объема. ИОПК 3.2

Тема 5. Проверка гипотезы о законе распределения случайных величин. Статистические критерии.

Необходимость проверки гипотез в статистическом анализе. Общий принцип проверки гипотез. Параметрические критерии. Значение функции правдоподобия при проверке гипотез, четыре возможных исхода. Уровень значимости. Критическая область. Основная и альтернативная (конкурирующая) гипотезы. Понятия значимости и незначимости. Четыре вида альтернативных гипотез и их графическая интерпретация. Алгоритм проверки статистических гипотез. Прием последовательного планирования эксперимента. Непараметрические критерии. Критерий знаков. Критерий согласия К. Пирсона. ИОПК 3.3

Тема 6. Планирование экстремальных экспериментов. Объект исследования, критерии оптимизации и факторы.

Исследование поверхности отклика и ее линейная модель. Метод наименьших квадратов. Выбор области факторного пространства. Ортогональное ротатабельное планирование при изменении факторов на двух уровнях. ИОПК 3.2

Тема 7. Матрица планирования. Многофакторный эксперимент.

Свойства матриц планирования. Крутое восхождение по поверхности отклика. Исследование поверхности отклика в районе экстремума. Канонический анализ поверхности отклика. Симплекс планы. ИОПК 3.3

Тема 8. Матрица планирования. Многофакторный эксперимент.

Планирование эксперимента при выяснении механизма явления. Критерии оптимальности плана. Априорное и последовательное планирование. Виды задач изучения многофакторных систем. Состав статистического анализа. Вопросы статистического

анализа. Прикладной смысл ковариации (коэффициента корреляции) и среднего квадратического отклонения. Коррелированные и некоррелированные величины. Задачи корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа. ИОПК 3.3

### 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения индивидуальных контрольных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
			Не зачтено	Зачтено
ОПК-3	ИОПК-3.1.	ОР-3.1.1 Участвует в проведении эксперимента (физического, мысленного или компьютерного) на основе сформулированной с руководителем физической модели явления или модели из другой научной области	Не владеет методологией в области проведения эксперимента на основе поставленной задачи и рассматриваемого явления.	Способен объяснить принцип и методологию проведения эксперимента и способен составить план эксперимента на основе поставленной задачи и предложенной модели рассматриваемого явления.
	ИОПК-3.2.	ОР-3.2.1 Владеет методами физического или компьютерного моделирования, методами планирования эксперимента, теорией подобия и размерностей	Не владеет методами физического или компьютерного моделирования, методами планирования эксперимента, не знает основных понятий теории подобия и размерностей	Владеет методами физического или компьютерного моделирования, методами планирования эксперимента, теорией подобия и размерностей
	ИОПК-3.3.	ОР-3.3.1. Анализирует полученные экспериментальные результаты	Не владеет навыками и методами анализа полученных экспериментальных результатов.	На основе поставленной задачи и предложенной модели способен провести статистический анализ, а также дать анализ полученным результатам, предложить форму их представления.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в шестом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 2 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Типы ошибок измерений
2. Нормальный закон распределения
3. Статистические критерии. Критерий Фишера
4. Статистические критерии. Критерий Стьюдента
5. Статистические критерии. Критерий Кохрена
6. Полнофакторный эксперимент
7. Понятие случайной величины. Погрешность среднего
8. Классификация, типы и задачи эксперимента
9. Метрологическое обеспечение эксперимента
10. Основы корреляционного и регрессионного анализа
11. Метод наименьших квадратов
12. Функция и плотность распределения случайной величины
13. Основные методы измерений
14. Вычисление характеристик эмпирических распределений. Статистические гипотезы
15. Определение доверительных интервалов для исследуемых величин

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценивание по курсу складывается из выполнения промежуточного тестирования (Индикатор компетенции ИОПК-3.1, удельный вес в оценивании – 20 %), индивидуального практического задания (Индикатор компетенции ИОПК-3.1, удельный вес в оценивании – 25 %) и ответа на вопросы на зачете (Индикатор компетенции ИОПК-3.3, 55 % удельного веса в общем оценивании).

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=10424>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

Формирование каждого индикатора компетенции оценивается следующим образом:

Компетенция	Индикатор компетенции	Формат оценки	Процедура оценки
ОПК-3	ИОПК-3.1.	Вопросы	5 баллов - Дан правильный и развернутый ответ на вопрос. Студент четко и логично изложил свой ответ на поставленный вопрос (допускается, что не все в ответе изложено развернуто и логически структурировано). 0 баллов – Ответ представлен очень поверхностно и с нарушением логики изложения. Студент очень плохо владеет основными моделями и концепциями механики.

			Допущены существенные терминологические и фактические ошибки.
	<b>ИОПК-3.2.</b>	Тестирование	Полностью правильный ответ на вопрос оценивается в 2 балла. Частично правильный ответ на вопрос (выбраны не все правильные варианты, выбраны, кроме правильных, неверные варианты) оценивается в 1 балл. Полностью неверный ответ оценивается в 0 баллов.
	<b>ИОПК-3.3.</b>	Доклад	15 баллов за выполнение индивидуальной практической работы

Промежуточная аттестация в форме зачета проводится в шестом семестре на основе выполненного теста, а также задания. Если студент сдал тест и выполнил задание на общую сумму баллов, равную 85 % от максимально возможной суммы баллов, то он получает зачет:

Компетенция	Индикатор компетенции	Оценки	
		Не зачтено	Зачтено
ОПК-3	<b>ИОПК-3.1.</b>	Менее 5 баллов	5 баллов и больше
	<b>ИОПК-3.2.</b>	Менее 32 баллов	32 балла и выше
	<b>ИОПК-3.3.</b>	Менее 5 баллов	10 балла и выше

Если набрано меньше 85 % баллов от максимально возможной суммы, то студент сдает устный зачет по билетам. Каждый билет содержит 2 теоретических вопроса, ответ на которые в совокупности отражает освоение студентом индикаторов ИОПК-3.1., ИОПК-3.2., ИОПК-3.3.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Планирование экстремальных экспериментов : методическое пособие по курсу "Планирование эксперимента" /Том. гос. ун-т ; сост. А. Н. Голованов
- Планирование эксперимента : учебное пособие : [для студентов по специальности "Механика", для аспирантов] /А. Н. Голованов ; Том. гос. ун-т

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000427154>

– ГОСТ Р 8.736–2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения». Введен впервые, введен 2013–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013. — 25 с.

– Метрология. Стандартизация. Сертификация : учебник для студентов вузов/А. В. Архипов [и др.]; под ред. В. М. Мишина. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 495 с.

– ГОСТ 5725–2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. — Введен 2002–04–23. — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 108 с.

б) дополнительная литература:

– Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учебное пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, А.Р. Бондин, В.И. Лобанов. Под общ. ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ–УПИ. 2003. – 260 с.

– Порсев, Е.Г. Организация и планирование экспериментов : учебное пособие / Е.Г. Порсев. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - 155 с. - Доступ из ЭБС «Университетская библиотека ONLINE».

– Ли Р.И. Основы научных исследований : учебное пособие/ Ли Р.И. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 190 с. — Доступ из ЭБС «IPRbooks». Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22903>.

в) ресурсы сети Интернет:

– Берикашвили В. Ш., Оськин С. П.-Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для бакалавриата и магистратуры.-М.:Издательство Юрайт, 2019-164-Бакалавр и магистр. Академический курс-978-5-534-09216-5: -Текст электронный // ЭБС Юрайт - <https://biblionline.ru/book/statisticheskaya-obrabotka-dannyh-planirovanie-eksperimenta-i-sluchaynye-processy-427449>

– Гарькина, И.А. Планирование эксперимента. Обработка опытных данных : практическое пособие / Гарькина И.А., Данилов А.М., Прошин А.П., Соколова Ю.А. — Москва : Палеотип, 2005. — 273 с. — ISBN 5-94727-117-6. — URL: <https://book.ru/book/901182> (дата обращения: 10.10.2019). — Текст : электронный.

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher);

– публично доступные облачные технологии (Яндекс диск, Dropbox).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### **15. Информация о разработчиках**

Касымов Денис Петрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физической и вычислительной механики, механико-математический факультет ТГУ.